

展望 2005秋季系列演講



物理與起源

2005 11月25日 台大應力所

李弘謙

中央大學物理系暨生命科學系
(Google: HC Lee)

World Year of Physics 2005

Einstein in the 21st Century

[About WYP 2005](#)[Projects](#)[Events](#)[Teachers](#)[International](#)[Press Room](#)[Downloads](#)[About Einstein](#)

Get involved in WYP 2005!

[Click here for Event Ideas](#)

**Speakers
Program**

**Teachers
Classroom
Projects**

**Einstein
@Home**

Put Physics on
your Desktop!

The World Year of Physics 2005 is a United Nations endorsed, international celebration of physics. Events throughout the year will highlight the vitality of physics and its importance in the coming millennium, and will commemorate the pioneering contributions of Albert Einstein in 1905. Through the efforts of a worldwide collaboration of scientific societies, the World Year of Physics brings the excitement of physics to the public and will inspire a new generation of scientists.

News

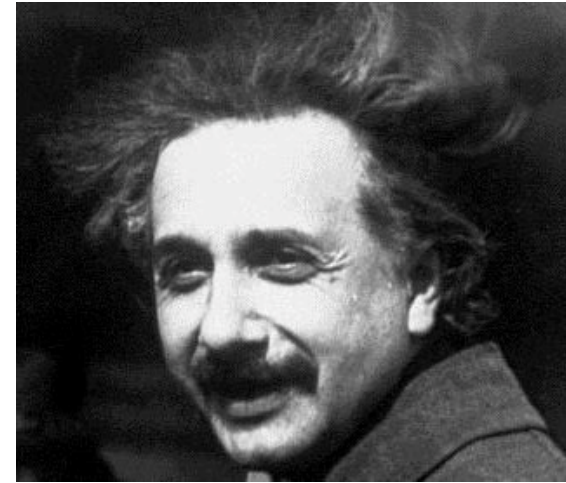
Event Finder

Choose a state and/or date below to find World Year of Physics Events or [browse all events](#). You may also [submit an event](#).

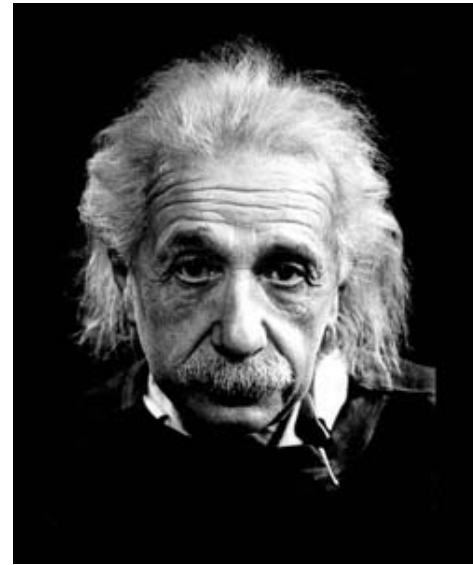
☐ Include Nationwide Events 

愛因斯坦 (1879-1955)

- 1879 誕生於瑞士
- 1900 15歲退學，18歲進蘇瑞士聯邦技術學院。
1900年畢業，成績平平。失業兩年之後找到專利審查員的工作。
- 1905 「神奇的一年」。發表三篇偉大的科學鉅作：
 - 光電效應；發現光子，催生量子力學
 - 布朗運動；建立微觀熱力學
 - 創相對論；給「時空」全新的詮釋
- 1911 蘇瑞士大學助理教授，1912回蘇瑞士聯邦技術學院任正教授，1915往首都柏林
- 1915 創廣義相對論；給予物質和萬有引力之間的關係一個全新、正確的瞭解



- 1914-1918 一次大戰期間極力反戰。
- 1919 星光受太陽的引力影響而折射的預測被實驗證實，愛因斯坦一夕之間全球知名。
- 1920之後 周遊列國。全力研究「統一場論」，終究沒有成功。終生不相信量子力學。
- 1933 希特勒取得政權，愛氏離德往美
- 1939 鼓勵美國羅斯福總統發展原子彈以抵制德國。但戰後反核武。
- 1955 在普林斯頓家中逝世。



“Subtle is the Lord, but malicious He is not”

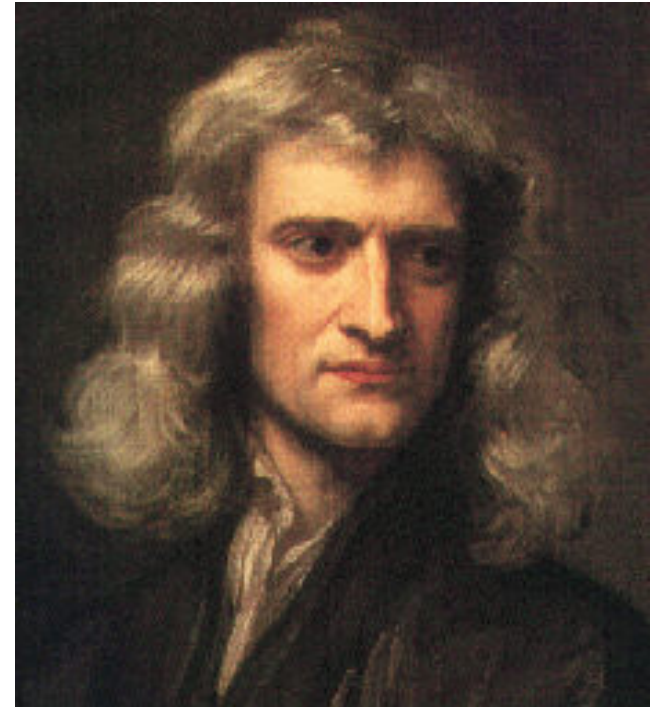
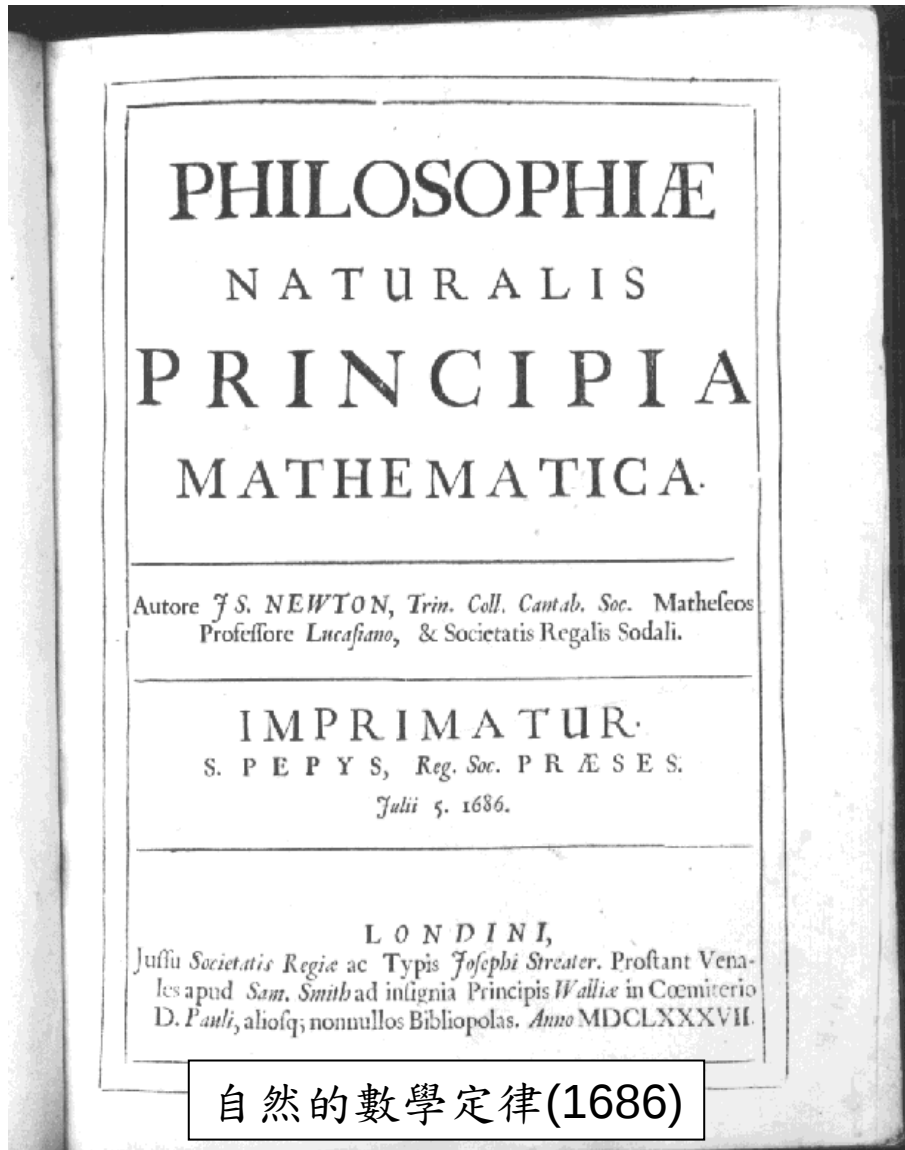
主是諷澀的，但是牠並無惡意。

- *Einstein*

什麼是物理？

- 目標：瞭解宇宙萬物自然現象
- 方法：觀察、分析自然現象，再用數學和基本的邏輯推理導出能解釋這些自然現象的最簡單的、普適的基本定理
- 物理研究的自然現象的特性
 - 新的、基礎的、可以簡化的
 - 如：宇宙起源、時空性質、物質結構、運動法則
- 什麼不是純物理？
 - 主要由人為因素決定，如社會、經濟、政治
 - 複雜度很高又不易簡化，如生物、醫學
 - 基本定理的例行應用，如工程（可以很複雜）
 - 從物理長出來的新專業，如化學

牛頓最早教我們怎麼瞭解自然



ISAAC NEWTON
(1642-1727)

物理學不受時空限制

物理學涵蓋的實物非常廣泛

- 最新的 — 奈米材料、永續能源
- 最老的 — 宇宙起源、生命起源
- 最快的 — 資訊傳遞、粒子遽變
- 最慢的 — 宇宙演化、生命演化
- 最大的 — 宇宙探詢
- 最小的 — 基本粒子、分子生物
- 最熱的 — 星球燃燒、激光（百萬度以上）
- 最冷的 — 超導現象、波塞-愛因斯坦現象（百萬分之一度以下）

物件的大小是相對的

(公尺)

10^{26} 類星體

10^{21} 銀河

10^{16} 星雲

10^{13} 太陽系

10^9 太陽

10^7 地球

10^3 小鎮

10^0 人

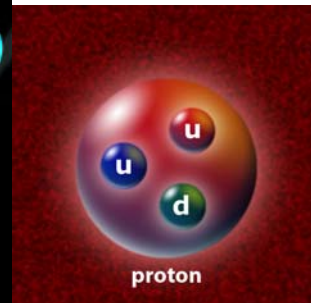
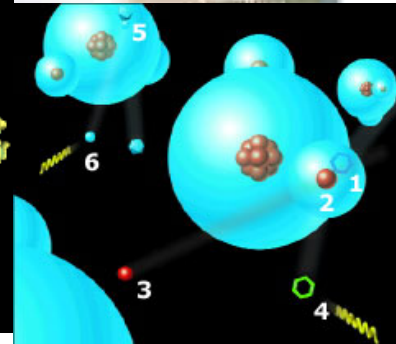
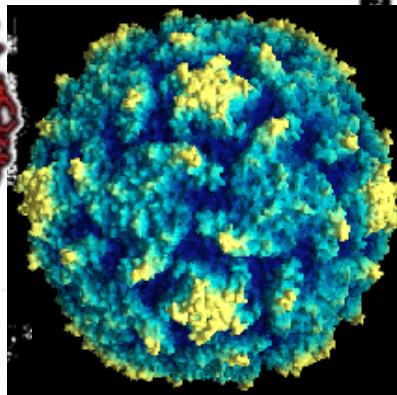
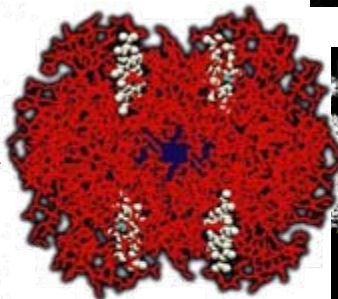
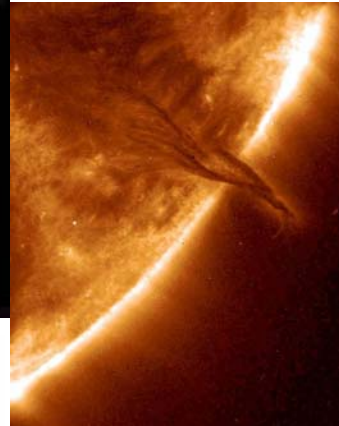
10^{-2} 眼珠

10^{-5} 紅血球

10^{-7} 病毒

10^{-10} 原子

10^{-14} 質子



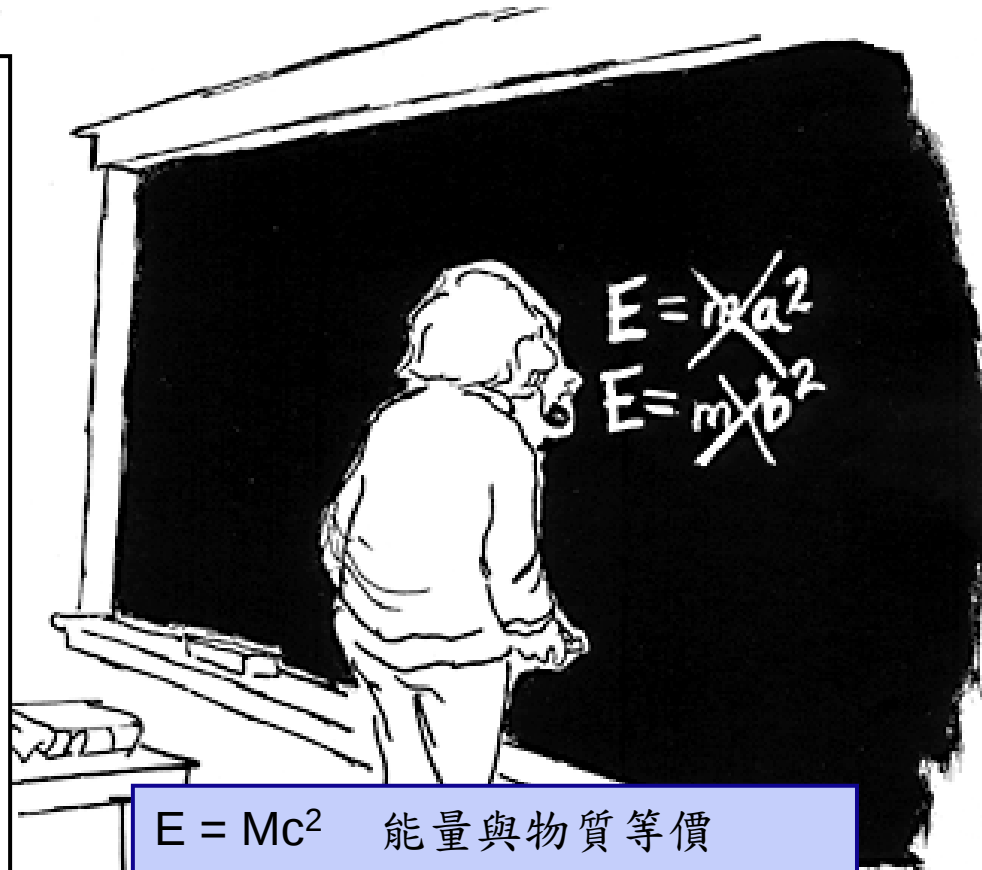
宇宙、起源

二十世紀初之前宇宙被認為是靜態的
宇宙動態觀的大突破來自愛因斯坦的

$$E = mc^2$$

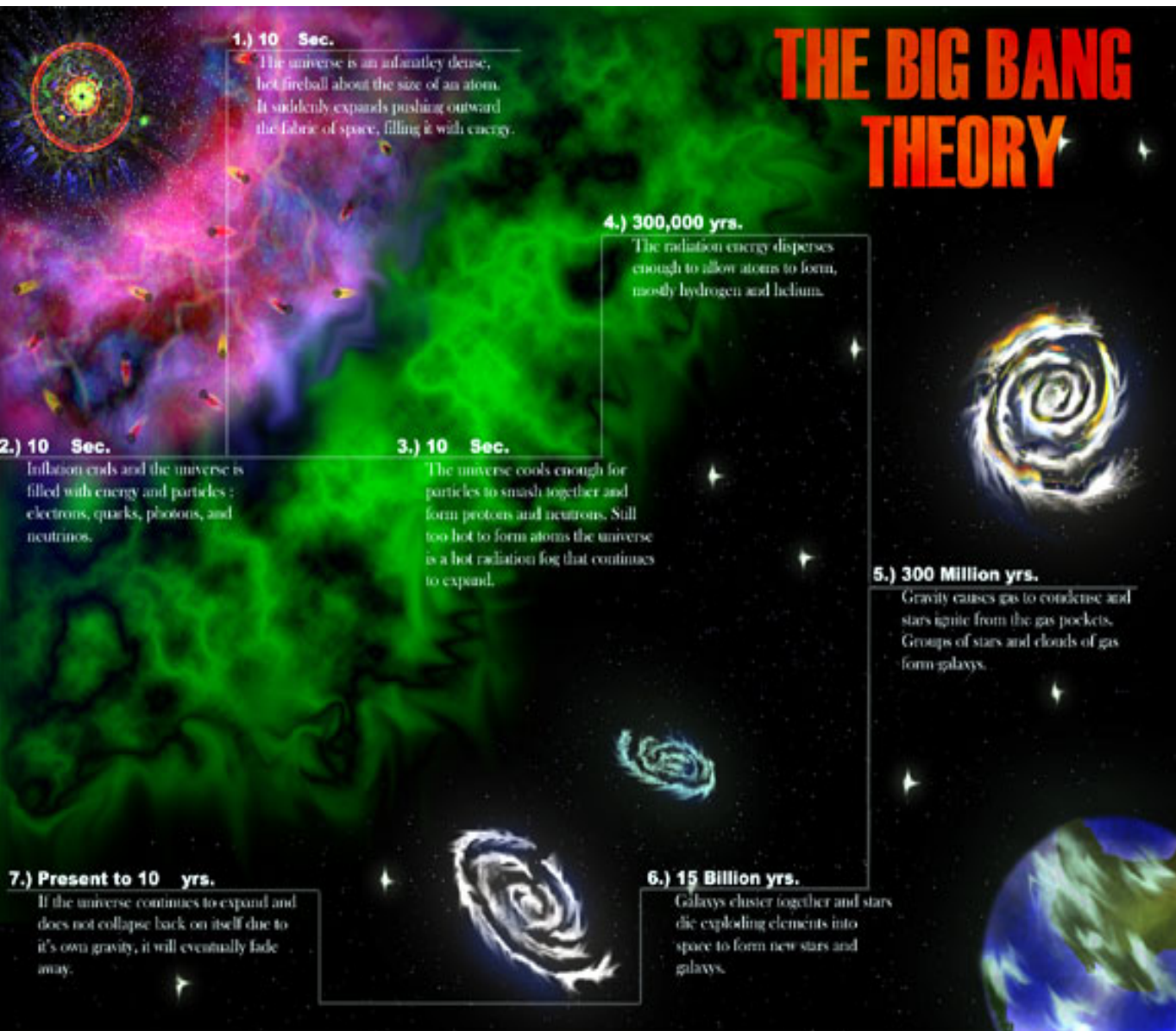
愛因斯坦為大霹靂理論播了種子

- 牛頓 - 萬有引力，天體運行法則
- 愛因斯坦(1905) $E=MC^2$
- 愛因斯坦(1915) 廣義相對論
- 勒梅特(1927) 大霹靂假設
- 哈伯(1929) 宇宙在膨脹
- 1930 宇宙原始論科學化
- 1937-1960 無線電望遠鏡快速發展，探索宇宙深處
- 1960 發現宇宙溫度、脈沖星、類星體、黑洞等
- 1960 量子粒子物理理論成熟、大霹靂快速發展



$E = Mc^2$ 能量與物質等價
光、電可互換
不同的物質可互換
光電作用 $\rightarrow$ 量子力學
大霹靂理論細節
廣義相對論 $\rightarrow$ 黑洞理論等力

大霹靂



勒梅特

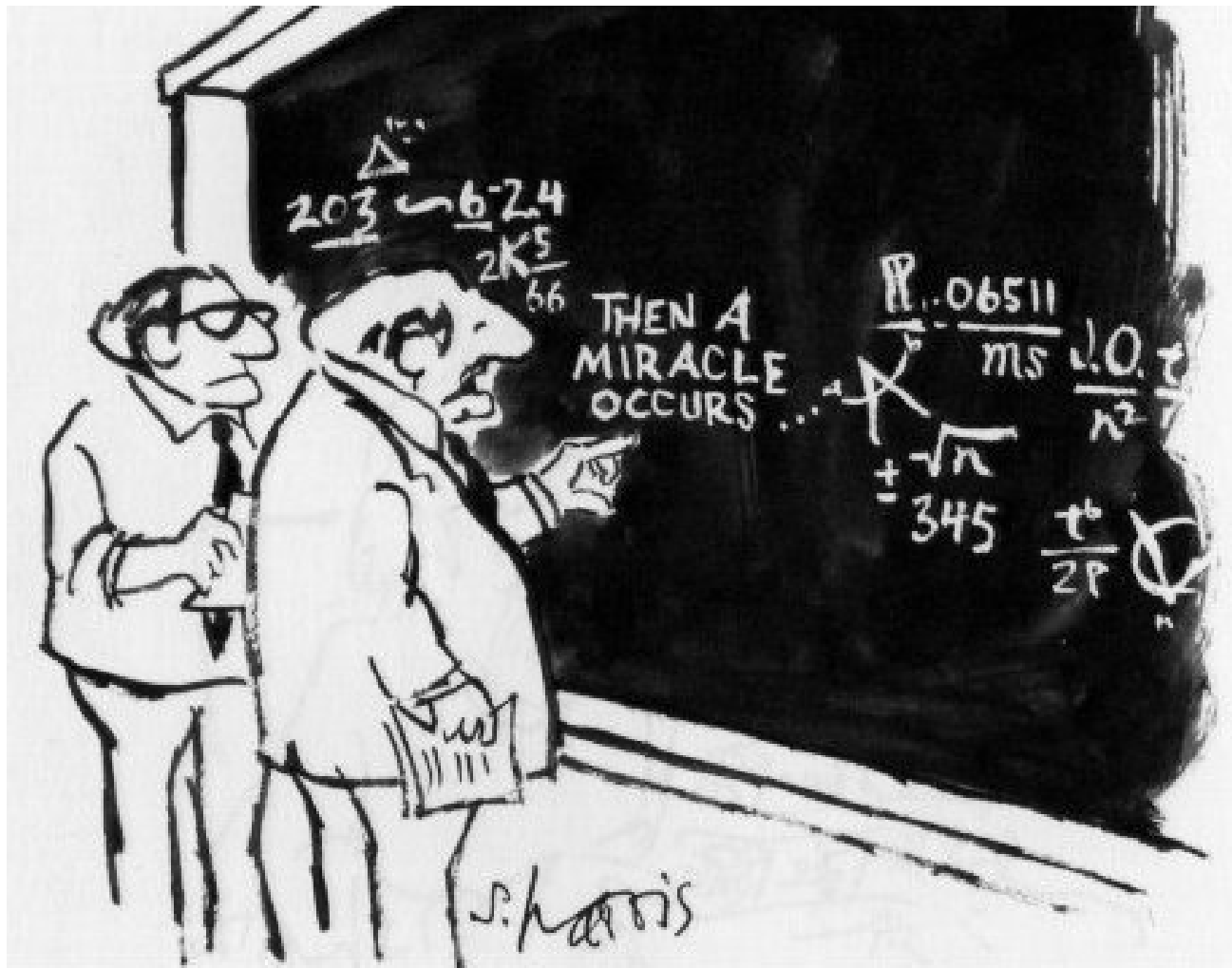
G LeMaitre (1894-1966)
Big Bang Theory 1927



哈伯

E Hubble (1889-1953)
Observed receding universe 1929

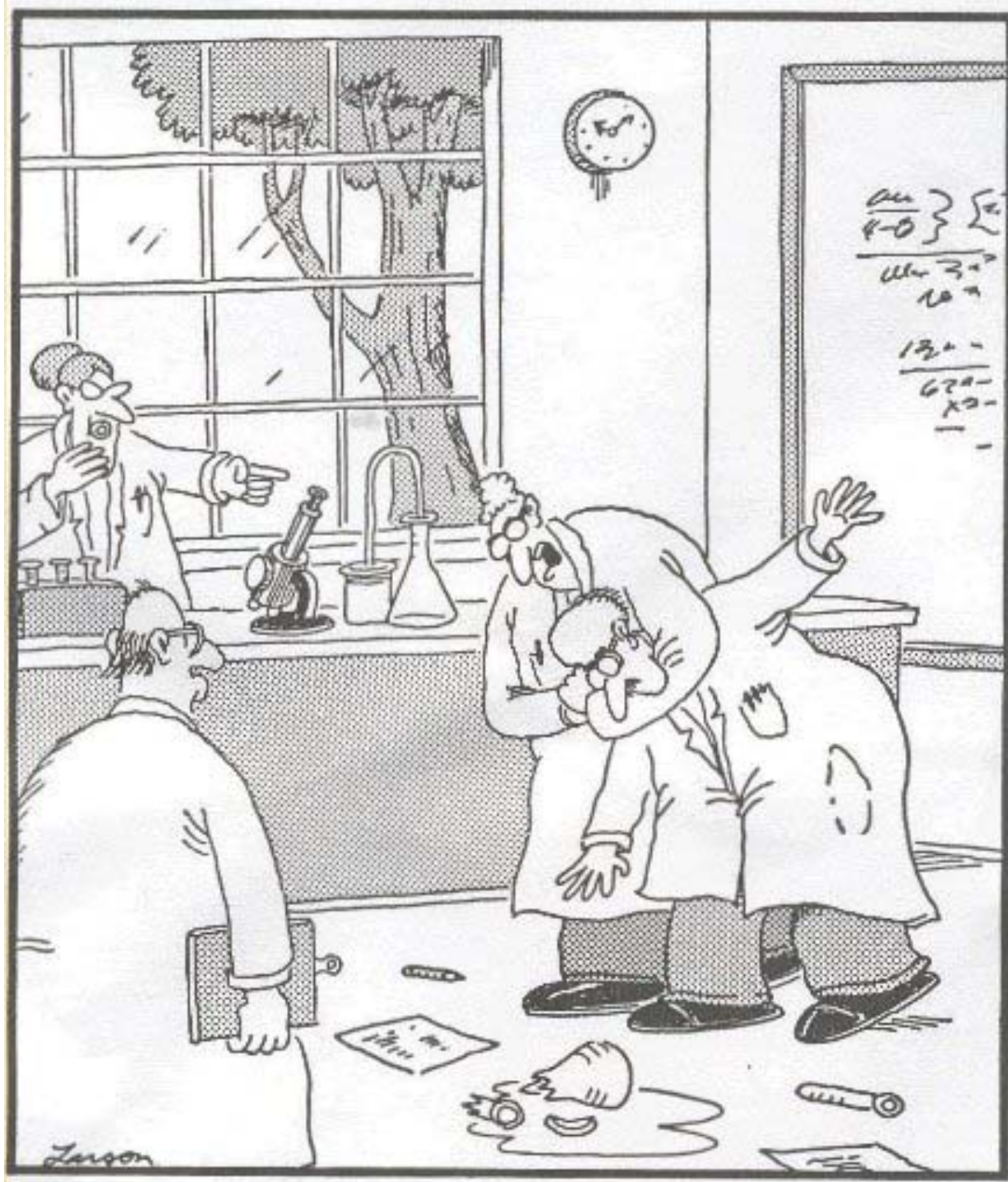
這種研究要很多數據，也要做很多計算

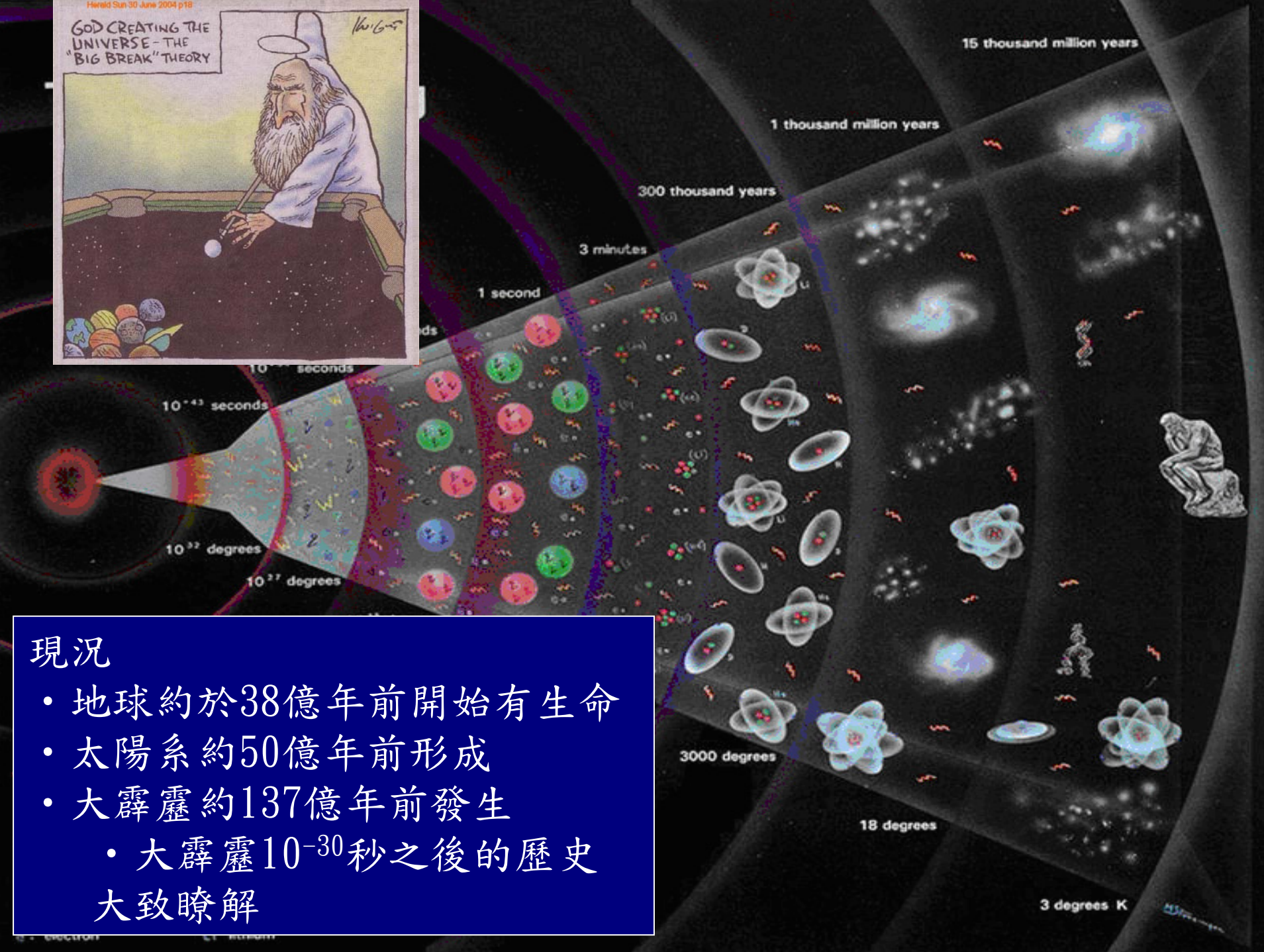
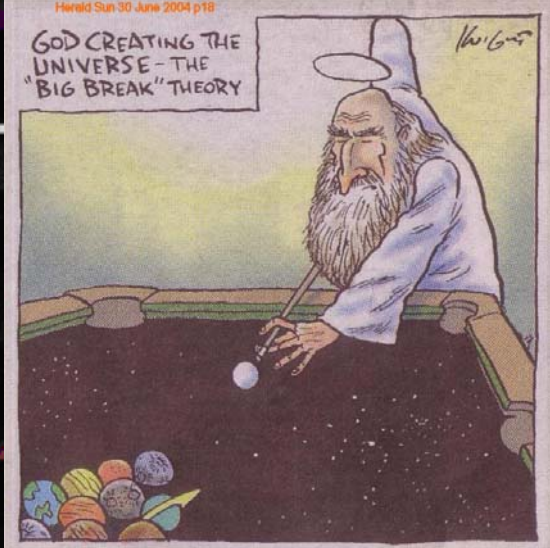


"I think you should be more explicit here in step two."

from *What's so Funny about Science?* by Sidney Harris (1977)

很多重要的科學就是科學家協作的結果





現況

- 地球約於38億年前開始有生命
- 太陽系約50億年前形成
- 大霹靂約137億年前發生
 - 大霹靂 10^{-30} 秒之後的歷史大致瞭解

生命、起源、演化

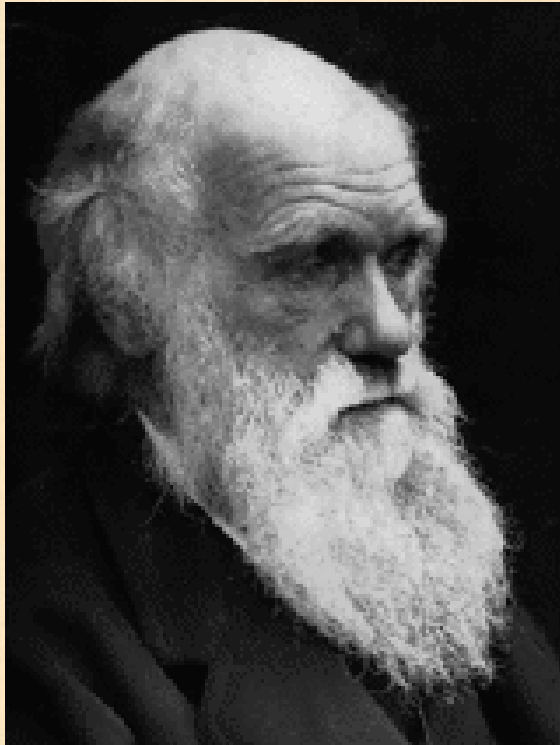
十九世紀中葉以前物種之間的關係是靜態的
-只有宗教觀、沒有科學觀

達爾文：物種演化

薛定格：生命科學有數碼基礎

克立克與華生：生物的基礎是分子

達爾文把生命起源帶入科學範疇



Darwin, C.

Charles Darwin
1809 -1882

物種起源(1859)

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

LONDON:

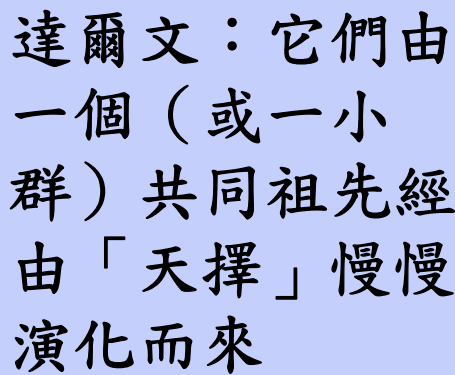
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.

1859.

The right of Translation is reserved.

Gedrucktwert: M. Gieseler und W. Guckl - Graphik: A. Jutta Deuze
Marburger K. Buch- & Lit.-Verlag, W. Guckl, D. S. Peters, J. Spratz,
K. Vogel, Verlagsbuchhandlung Frankfurt am Main 1987, 2. Auflage 2001
© Sachverständigen-Kommissionen des Bundestages 1992, 1995, 2001

Gedrucktwert: M. Gieseler und W. Guckl - Graphik: A. Josten-Belzer
Marburger K. Buch- & Lit.-Verlag, W. Guckl, D. S. Peters, J. Spratz,
K. Vogel, Verlagsbuchhandlung Frankfurt am Main 1987, 2. Auflage 2001
© Sachverständigen-Kommissionen des Bundestages 1992, 1995, 2001

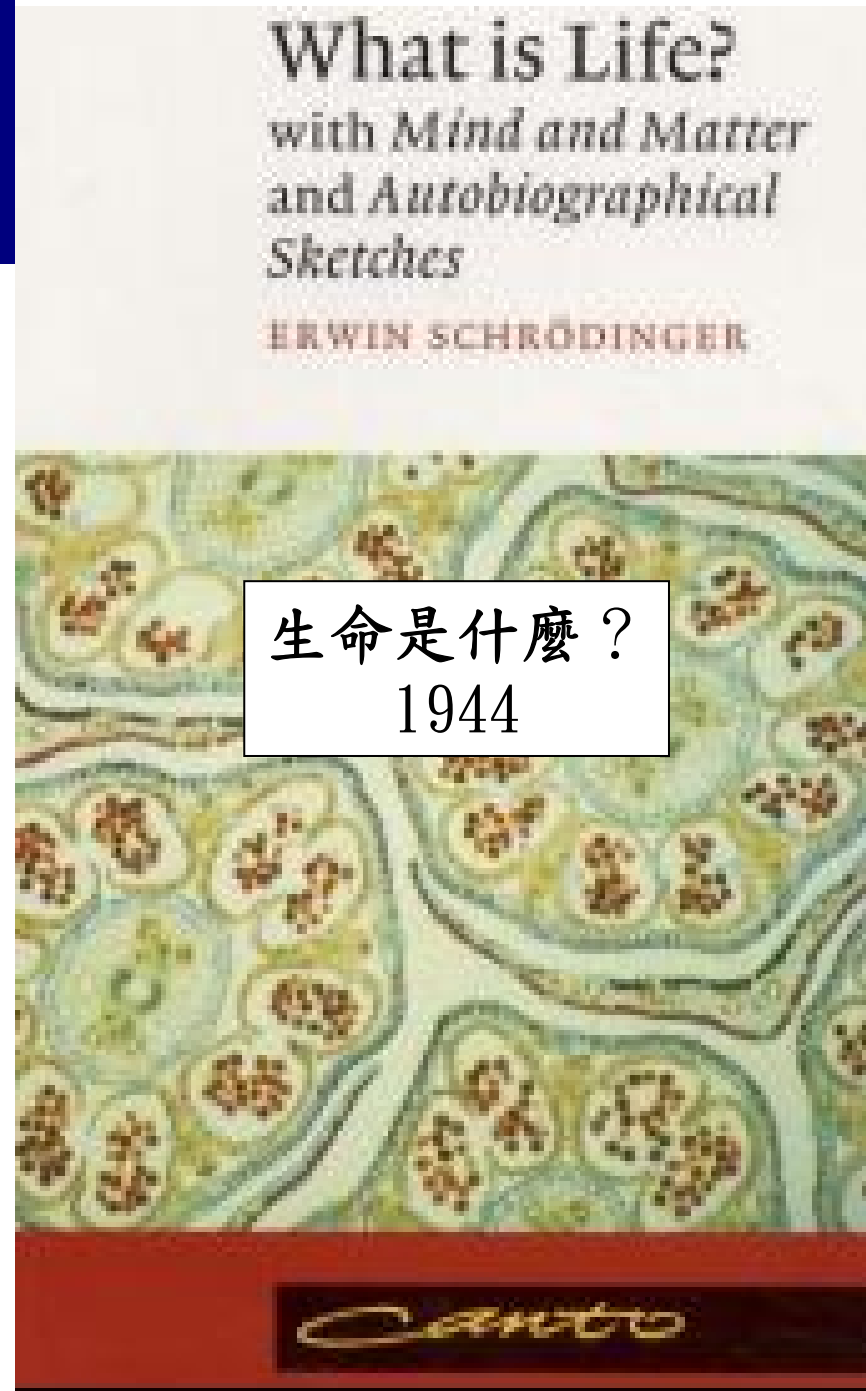


量子物理創始者薛定格 預言數碼化的遺傳機制



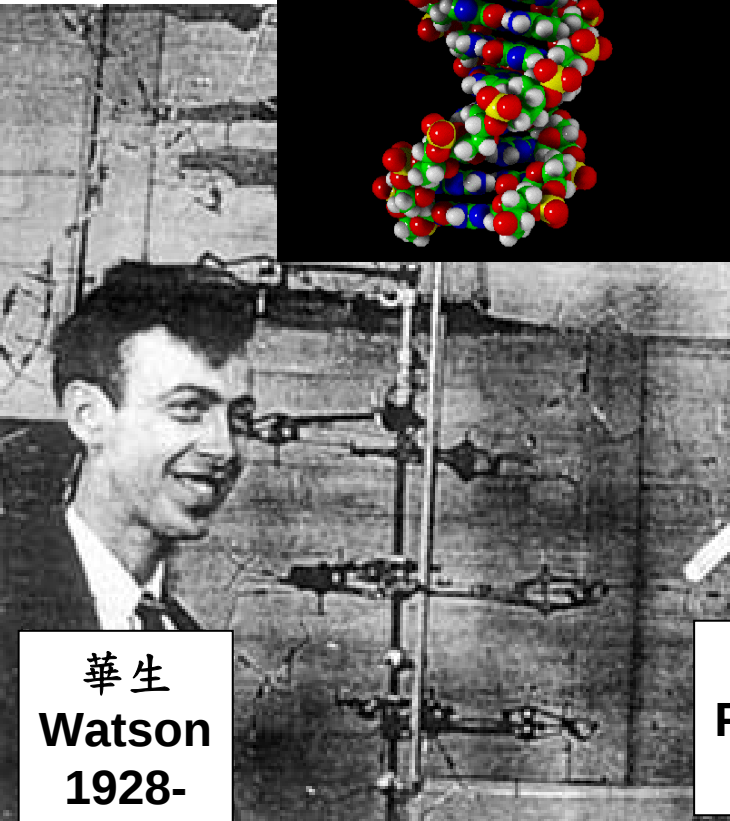
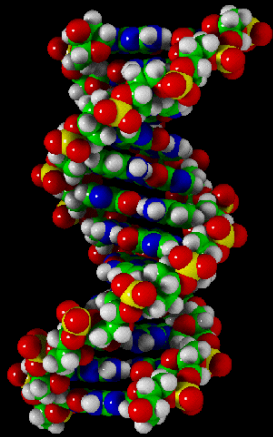
Erwin Schroedinger
1887-1961

1926年創量子力學



生命是什麼？
1944

DNA結構的解密是現代生命科學的開端



華生
Watson
1928-



克立克
Francis Crick
1916 - 2004

克立克原本是物理學者
所以看得懂X-光繞射圖

No. 4356

April 25, 1953

NATURE

equipment, and to Dr. G. E. R. Deacon and the captain and officers of R.R.S. *Discovery II* for their part in making the observations.

¹ Young, F. B., Gerrard, H., and Jevons, W., *Phil. Mag.*, **40**, 149 (1920).

² Longuet-Higgins, M. S., *Mon. Not. Roy. Astro. Soc., Geophys. Supp.*, **5**, 285 (1949).

³ Voe ARX, W. S., Woods Hole Papers in Phys. Oceanog. Meteor., **11** (3) (1950).

⁴ Ekman, V. W., *Arkiv. Mat. Astron. Fysik. (Stockholm)*, **2** (11) (1905).

MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

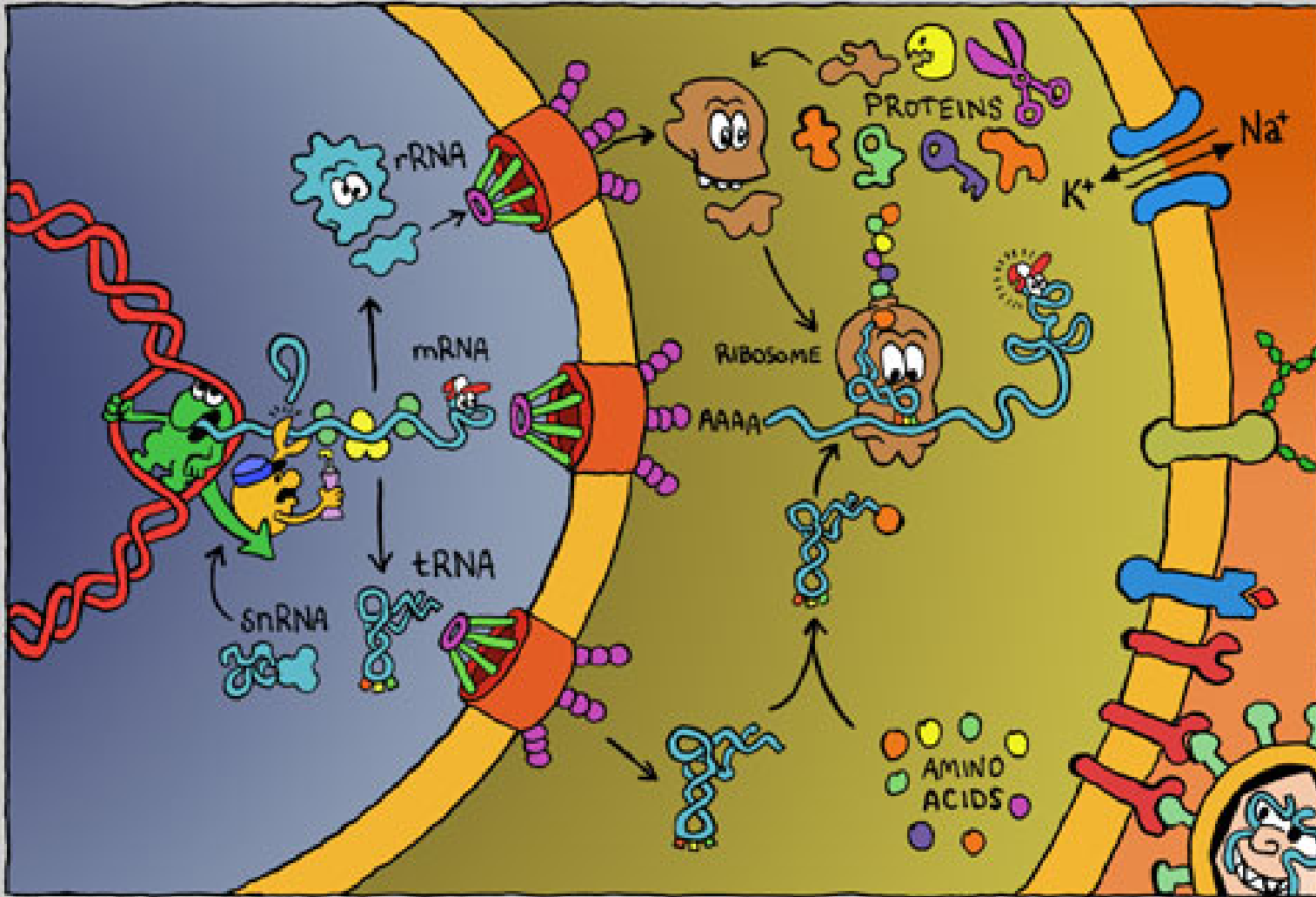
A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey¹. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons:

(1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals

生命科學原本與數理科學少有重疊



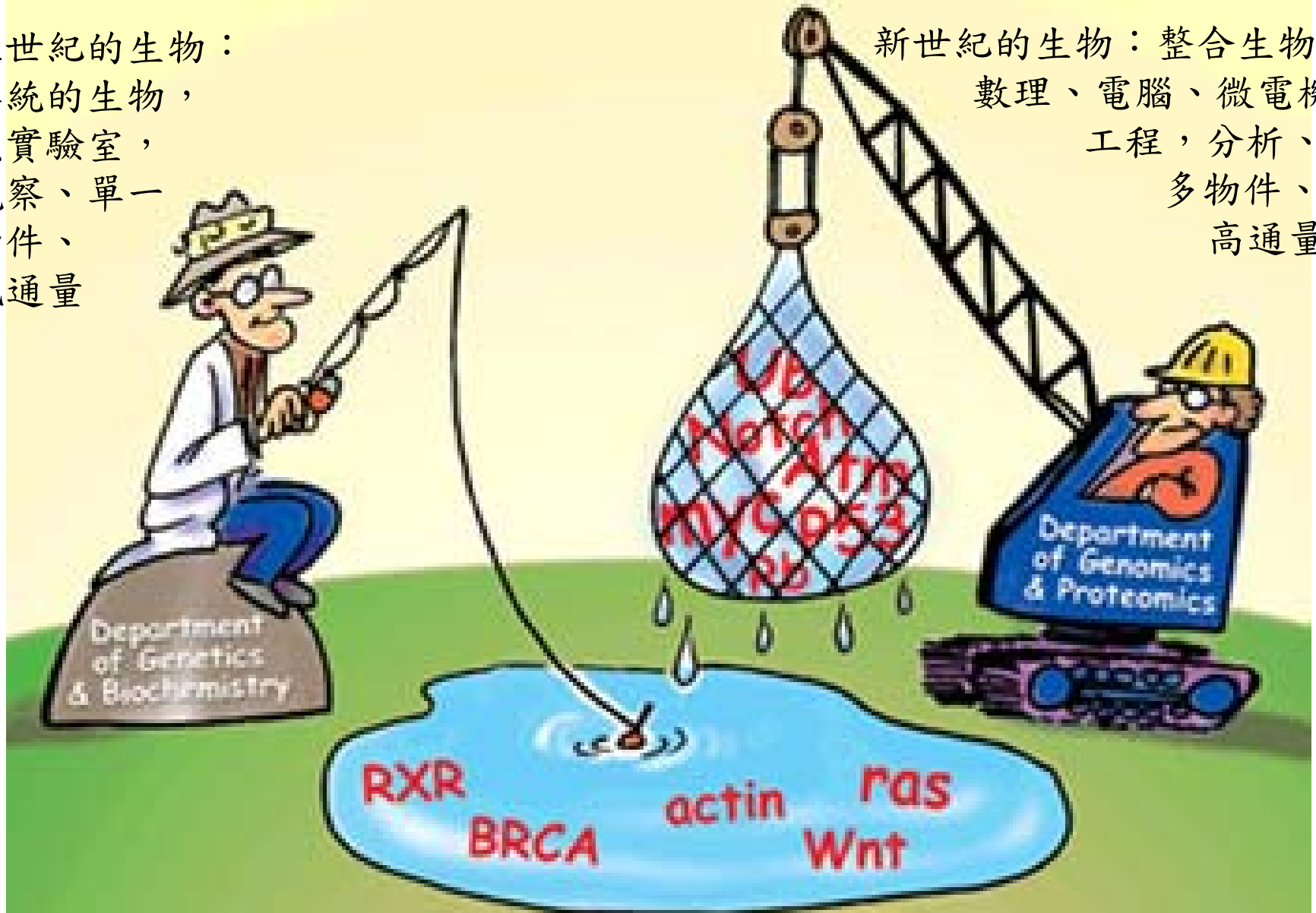
最簡單的現代生物也是
超複雜的全自動工廠

在新世紀這個情況有極大的改變

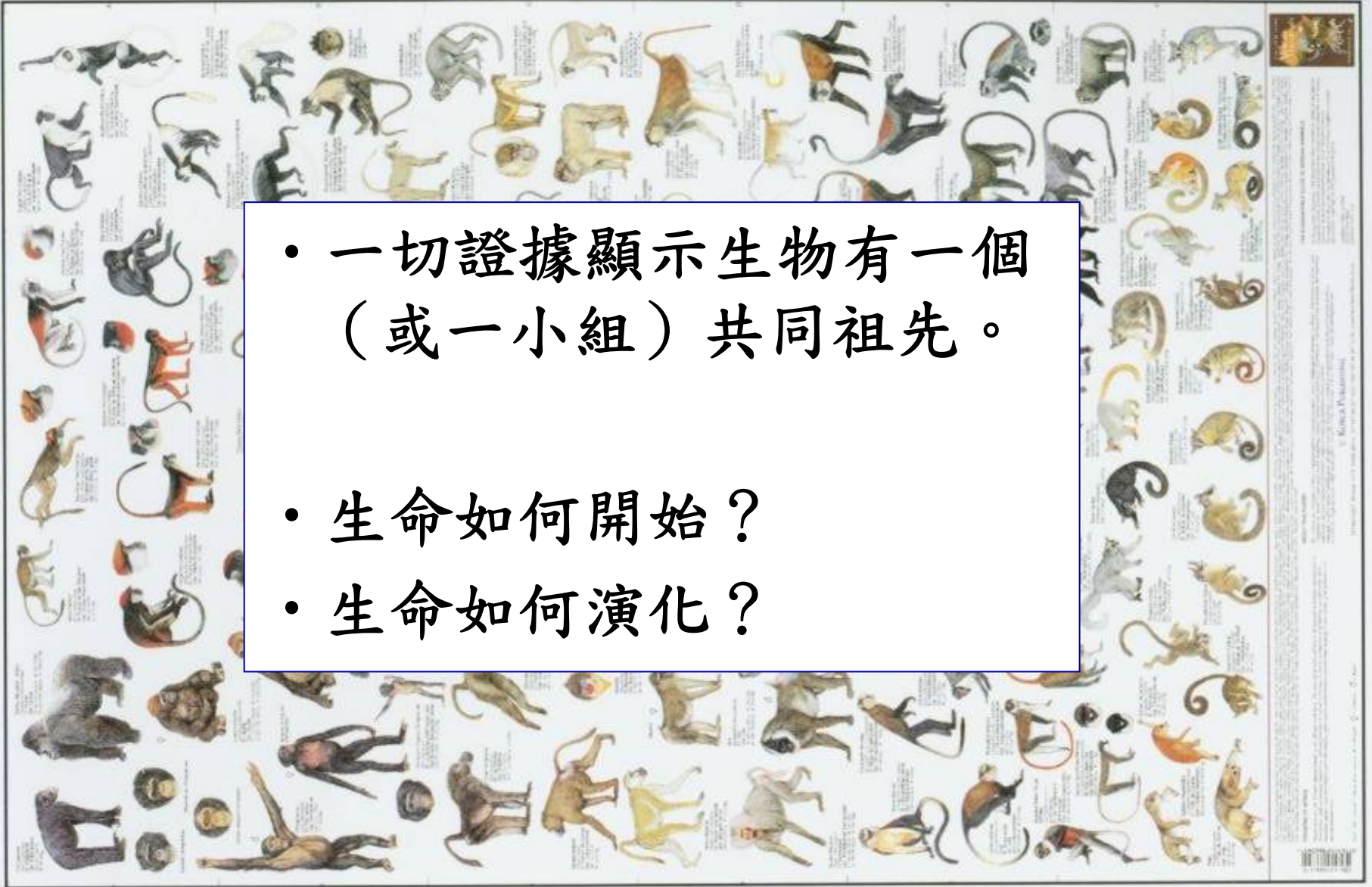
新世紀的生物是整合的高通量科學

上世紀的生物：
傳統的生物，
濕實驗室，
觀察、單一
物件、
低通量

新世紀的生物：整合生物、
數理、電腦、微電機
工程，分析、
多物件、
高通量



生命的起源和演化是未解的大謎

- 
- 一切證據顯示生物有一個（或一小組）共同祖先。
 - 生命如何開始？
 - 生命如何演化？

和宇宙起源與演化一樣， 生命的起源與演化也受制於物理定律

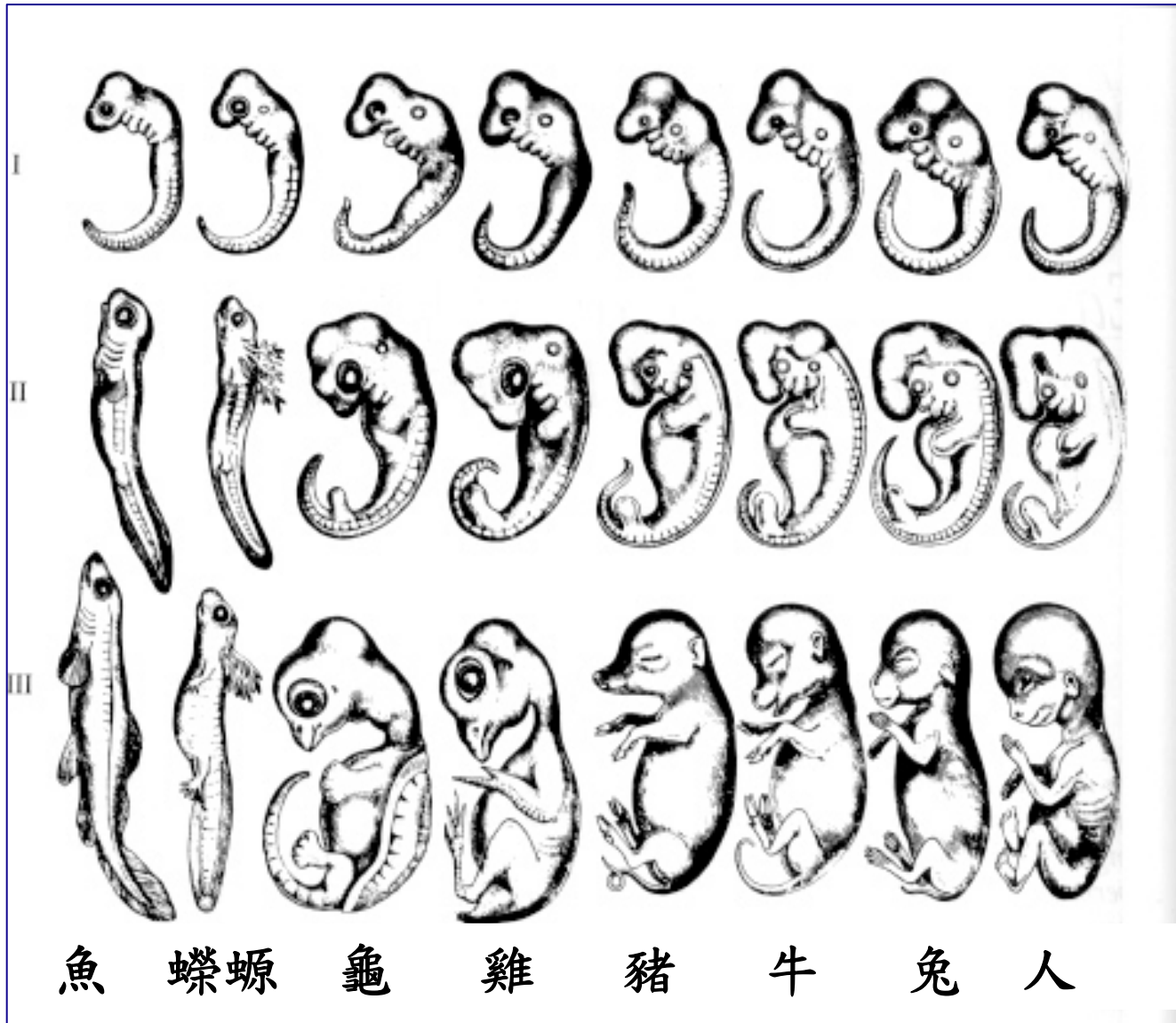
- 同樣要收集數據資料，用數學物理的方法分析、用理論與模型同數據做反覆驗證
 - 觀察、分析、歸納、假設、理論、驗證
- 但是所用的數據、理論與模型大大不同
 - 一個用天文及粒子物理數據，萬有引力，量子理論
 - 一個用基因圖譜和化石，達爾文進化論（及其推廣）



在生命演化過程愈早期 基本物理原理的角色愈重要

- 基本物理原理的範疇是簡單或被簡單化的系統
- 現代的生命體非常複雜細膩
 - 數據、現象可以權宜性的理論瞭解
 - 基本的理論不易導出
- 愈早期的生命愈簡單、愈容易用基本物理原理探索
- **基因圖譜**是生命密碼，也涵蓋了大部分生命演化的數碼表現

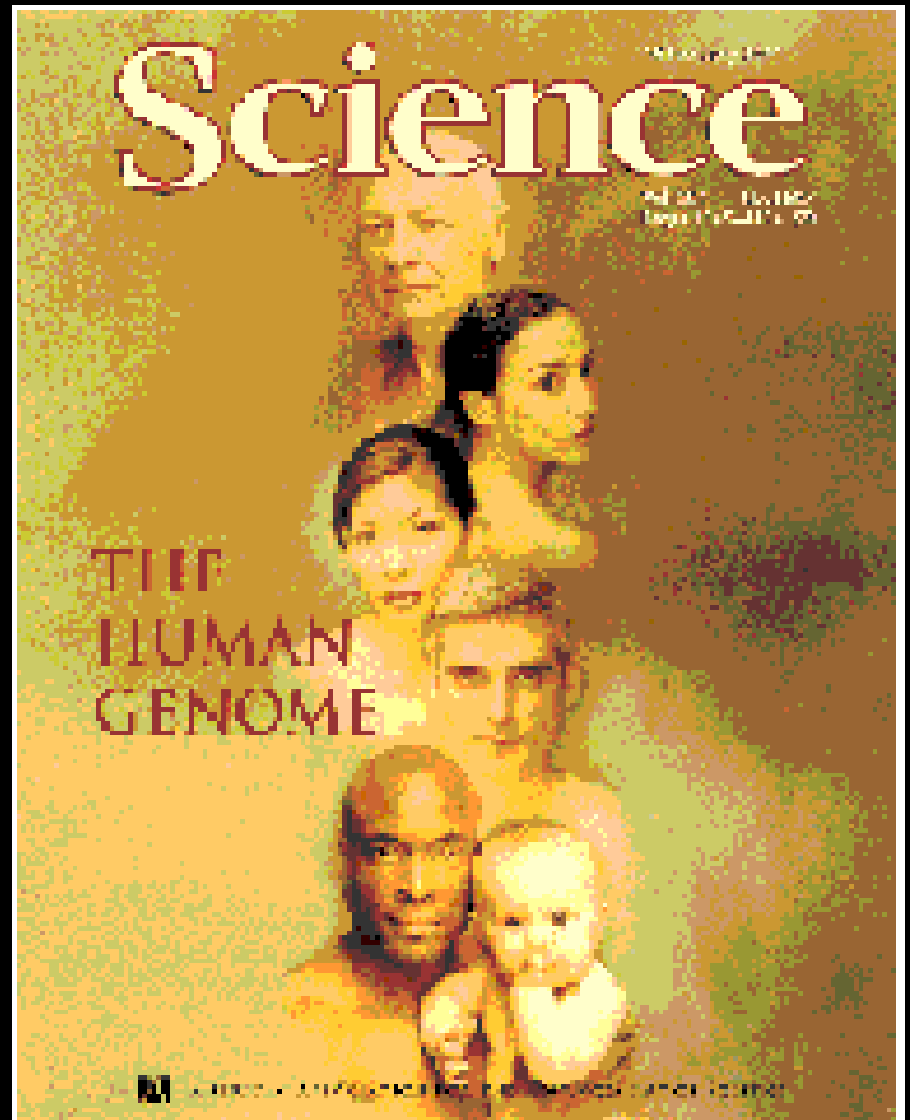
從胚胎到成年，每個物種都會把演化再走一遍



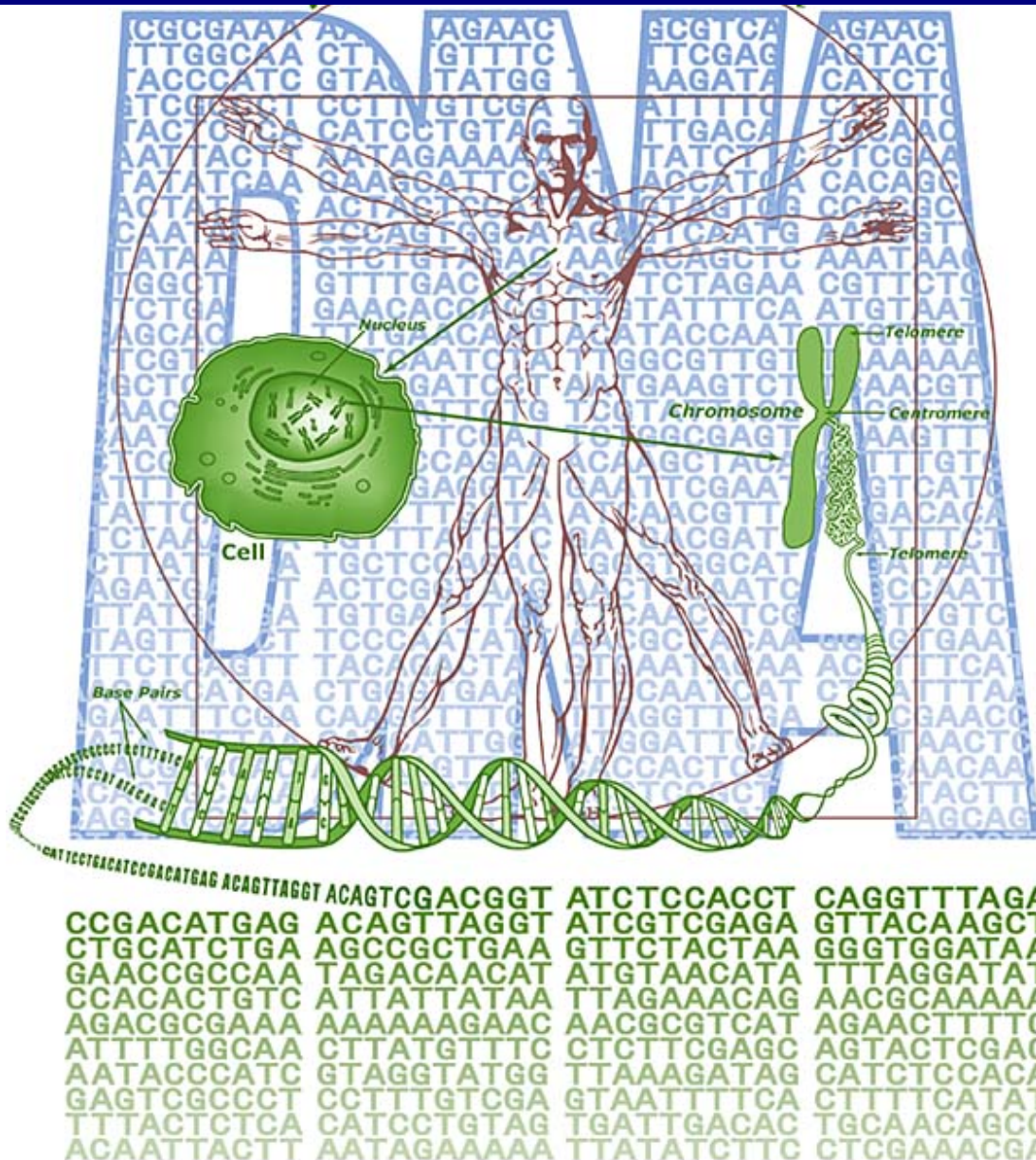
不同的物種，胚胎愈早期越相似

這暗示
基因圖譜
裡載了很多演化的痕跡

人類基因圖譜在二十一世紀初完成測序



基因圖譜是全自動工廠的藍圖



基因圖譜(Genome)
由四種鹼基：

A 腺嘌呤
C 胞嘧啶
G 鳥嘌呤
T 胸腺嘧啶

串成的雙螺旋DNA
序列組成

也就是由ACGT四個
「字母」編的生命
密碼手冊

每個物種有自己獨
特的基因圖譜

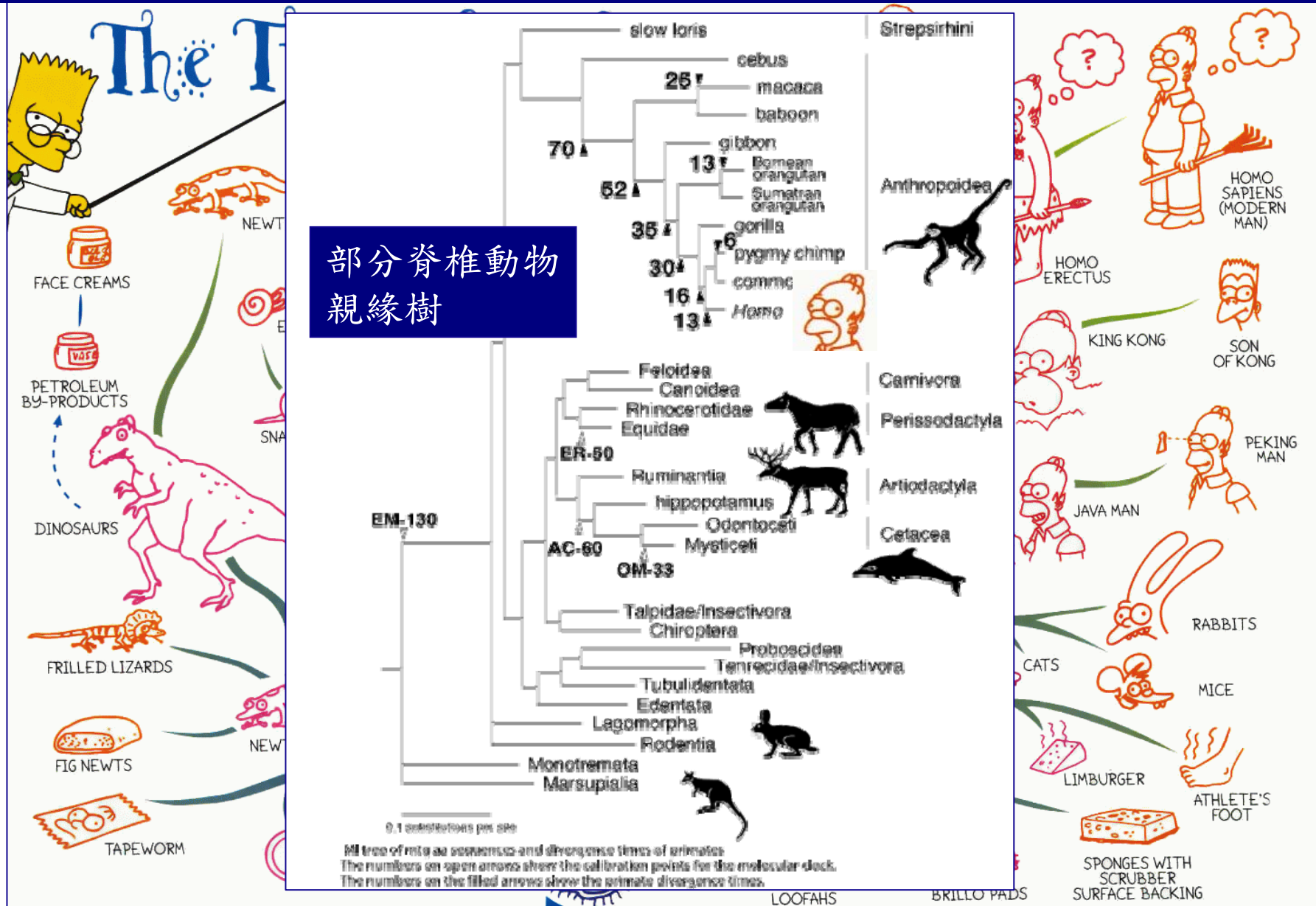
基因圖譜是最微小的超高密度資料庫

- 每一個生物的每一個細胞裡都有一套那種生物的完整的基因組（圖譜）。
- 人類的基因組載在23對染色體內。
- 每一個人的演化歷史和生長藍圖都寫在他的基因組上。
- 人類基因組長約1.5米，直徑約10奈米。
- 從全世界60多億人每一個人身上各取一條基因組，能搓成一條1.5米長、約頭髮一般粗的繩子。

不同物種之間的基因圖譜相似性很大

- 人與人之間的基因圖譜約有千分之一的差別。
- 人與大猩猩之間的基因圖譜約有百分之一、二的差別。
- 貓的基因圖譜搬動一百多次之後和人類的大體相同。
- 果蠅和人類的基因圖譜各約有兩萬個基因，這兩組基因大致重疊。
- 細菌一般有大約三、四千個基因，這些基因絕大多數人類都有。

比較不同物種的基因圖譜能夠找出它們之間的親緣樹

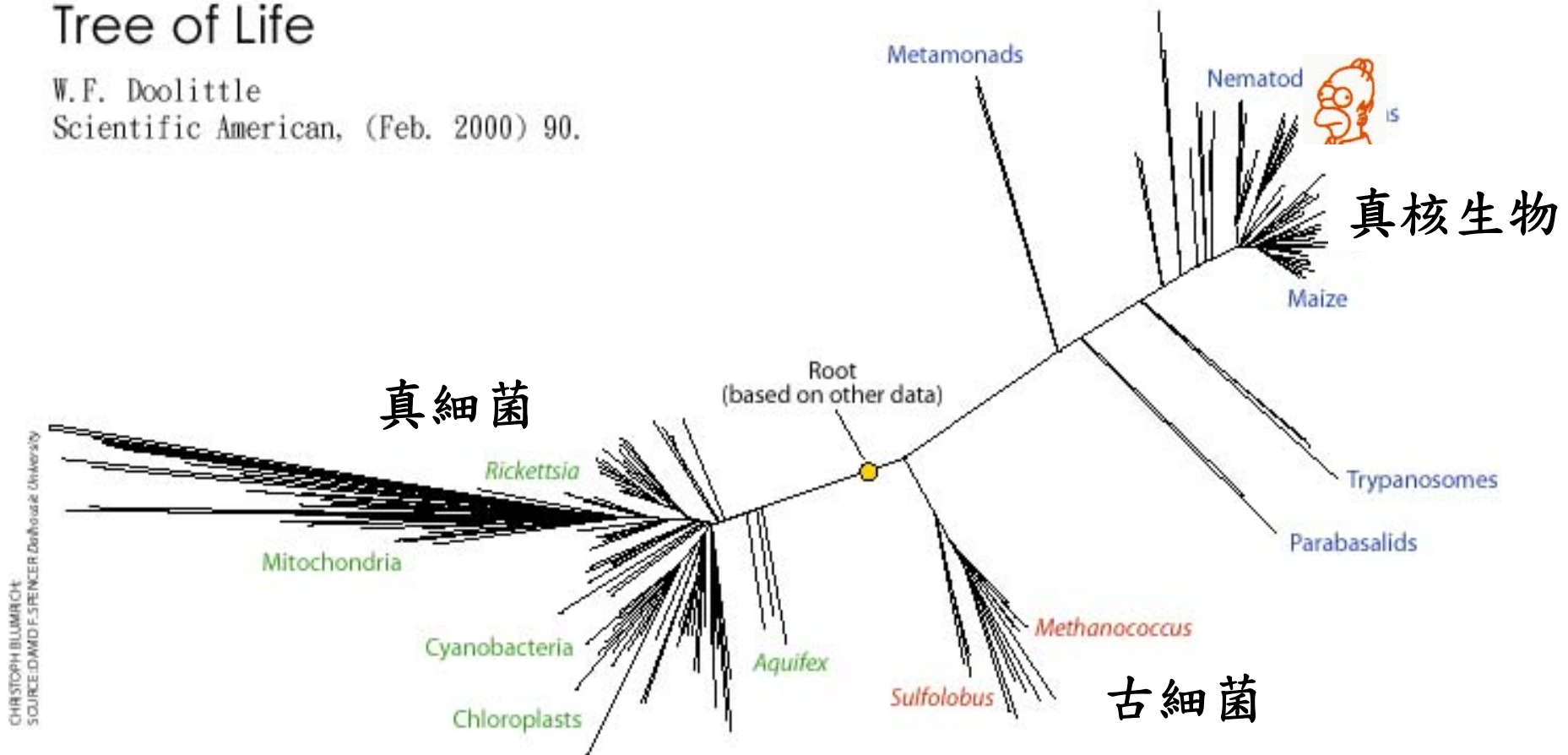


比較幾百種物種若干基因所得的「生命樹」

Tree of Life

W.F. Doolittle

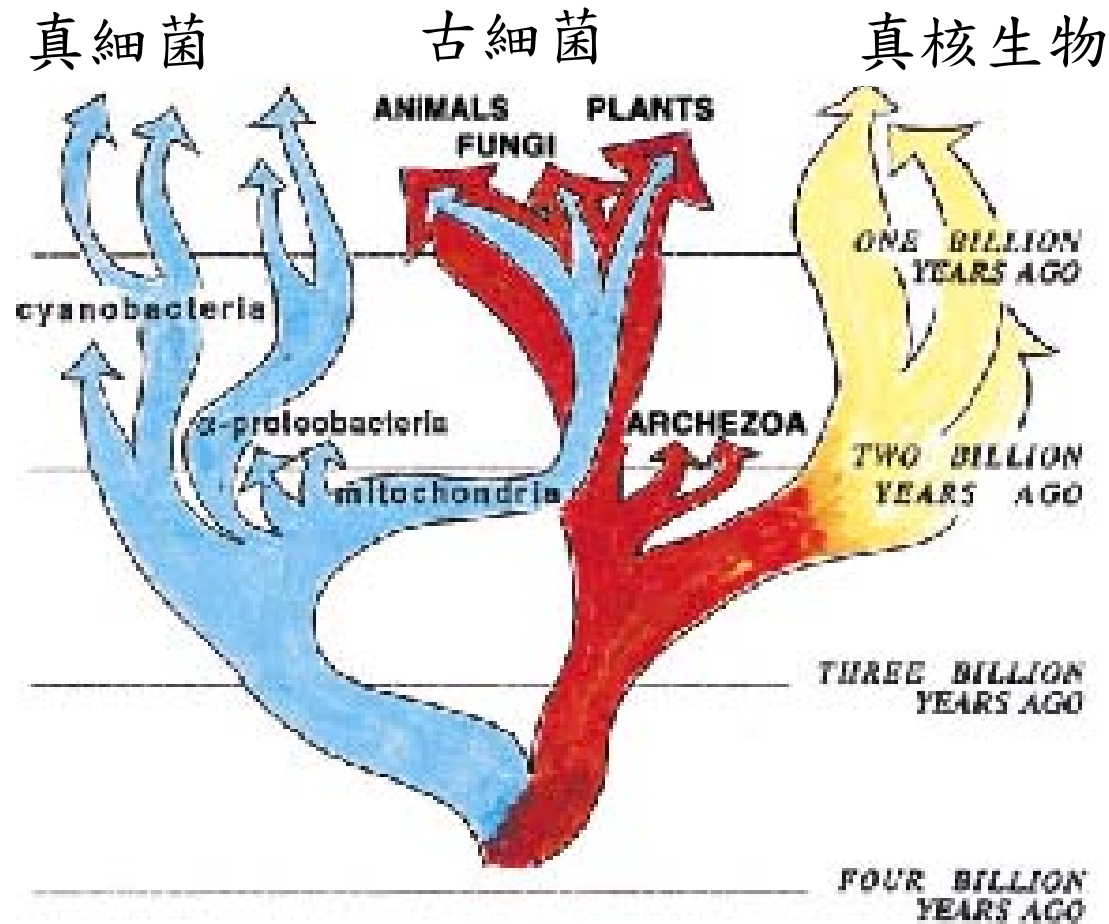
Scientific American, (Feb. 2000) 90.



我們也大體知道演化至今走了多久

Divergence of species
W.F. Doolittle, PNAS 94 (1997) 12751.

現在



40億年前

從完整基因圖譜 探索起源與演化

漫談我們自己最近的一些工作

為什麼生命演化的這麼快？

- 基因圖譜演化的實質是增加資訊含量
 - 資訊是有序的，是無序的相反
- 然而演化事件絕大多數是隨機且不可逆的
- **熱力學第二定律**：不可逆的事件使熵增加
 - 熵是無序的量化表示
 - 熵增加，序就減少，資訊就減少
- 所以隨機的演化不容易導致資訊的增加
- 即：基因圖譜演化的過程看似是逆勢而行

基因圖譜與隨機序列

- 基因圖譜是A、C、G、T四種化學「字母」排成的序列
 - 因為有資訊，所以有一定的秩序
 - 可以視為一（長）篇（看不懂的）文章
- 文章的特性：不同的字出現次數多寡不一
- 把字母打亂，就成隨機（無序）序列、無意義的亂碼
- 隨機亂碼的特性：不同的字出現次數相近

簡單一點的序列：丟銅板



：面



：背



5 : 5



5 : 5



4 : 6

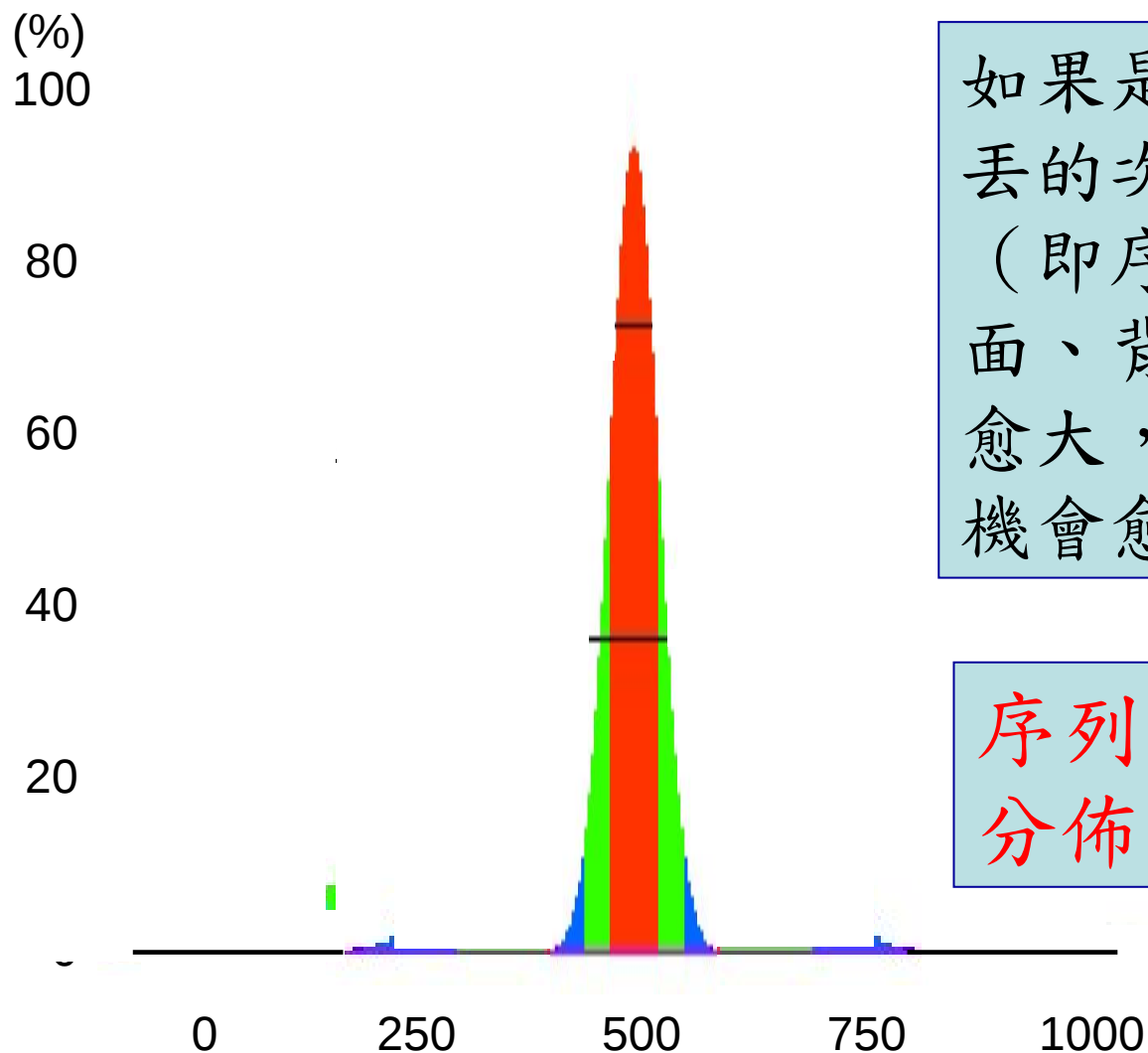


7 : 3



2 : 8

統計學知道各種組合出現的機率



如果是隨機的丟，
丟的次數愈大
(即序列愈長)，
面、背各半的機會
愈大，偏離各半的
機會愈小。

序列愈長，機率
分佈圖愈窄

對基因圖譜也可做類似分析

- 基因圖譜很長、細菌的有幾百萬個「字母」，人類的染色體有幾億個「字母」。
- 所以字串出現機率分佈圖應該非常窄。

Genomes are BIG

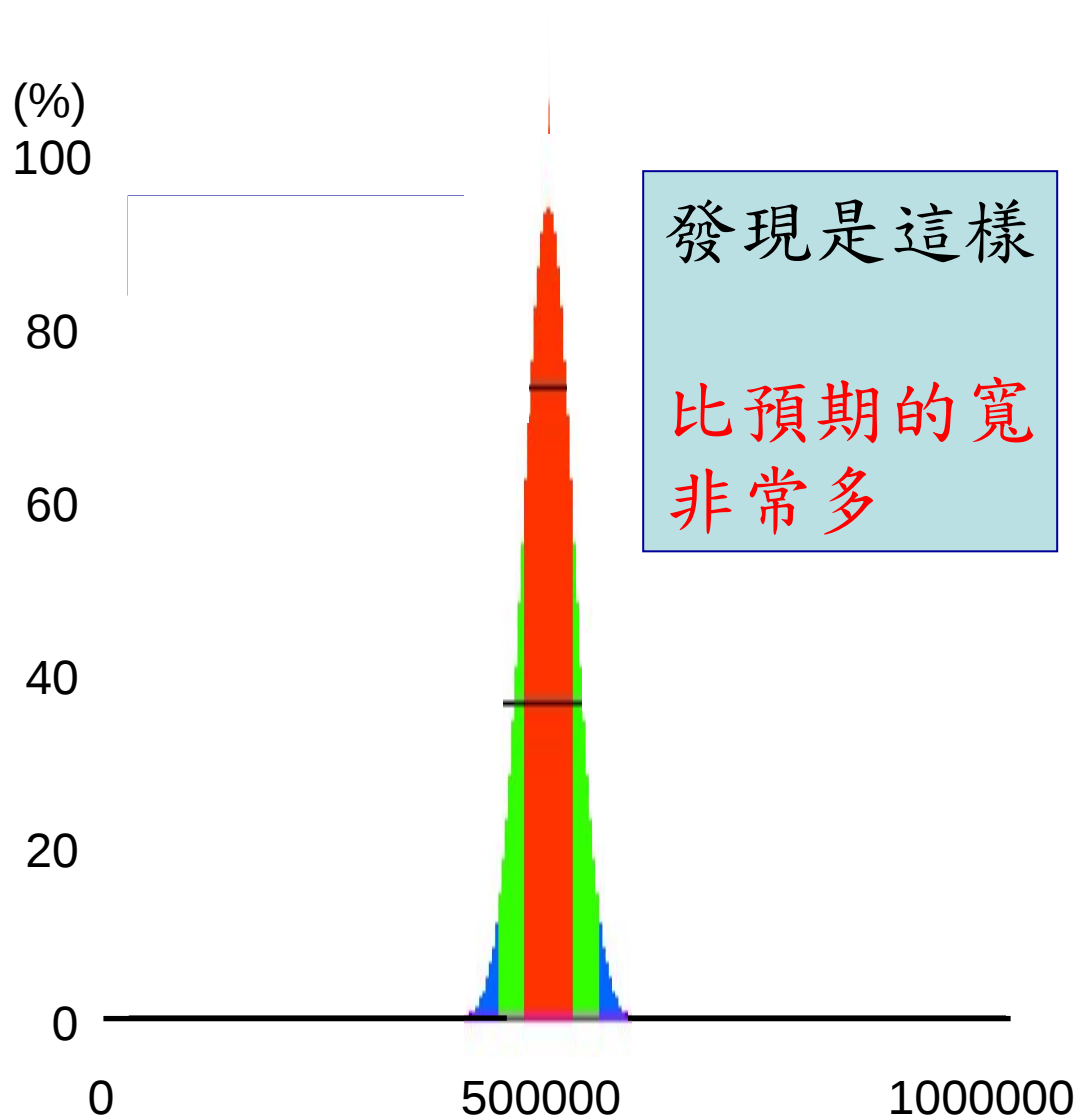
A stretch of
genome from
the X chromo-
some of
Homo sapien

[http://
www.ncbi.nlm.nih.gov/
entrez/viewer.fcgi?val
=2276452&db
=Nucleotide
&dopt
=GenBank](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/viewer.fcgi?val=2276452&db=Nucleotide&dopt=GenBank)

The complete
genome has
2,000,000 such
Pages

```
1 tgctgagaaa acatcaagctg tgtttctcct tcccaaag acacttcgca gcccctcttg
61 ggatccagcg cagcgcaagg taagccagat gcctctgctg ttgccctccc tgtgggctg
121 ctctctcac gccggcccc accctgggcca cctgtggcac ctgccaggag gctgagctgc
181 aaacccaat gaggggcagg tgctcccgga gacctgcttc ccacacgccc atcgtttctg
241 ccccggttt gagttctccc aggcccctct gtgcaccctt ccttagcagg aacatgccgt
301 ctgccccctt gagctttgca aggtctcggg gataatagga aggtctttgc ctgcaggga
361 gaatgagtc tccgtgctcc ctccgagggg gattctggag tccacagtaa ttgcagggt
421 gacactctgc cctgcaccgg gcgccccage tctccccac ctccctctc catcctgtc
481 tccggctatt aagacggggc gtcaggggc ctgtaactgg ggaaggata cccgcctgc
541 agaggtggac cctgtctgtt tgatttctg ttcatgtcc aaggcaggac atgaccctgt
601 ttggaatgc tgatttatgg atttccagg cactgtgcc ccagatacaa ttttctga
661 cattaagaat acgtagagaa ctaaatgcat tttcttta aaaaaaaaaa aaacaaaaa
721 aaaaaaaaaa aaacaaaaa actgtactta ataagatcca tgcctataag acaaaggaa
781 acctctgtc atatatgtgg gacctcgggc agcgtgtgaa agtttacttg cagtttgca
841 taaatgaca aagctaacac ctggcgtgga caatctacc tagctatgct ctccaaaatg
901 tatttttct aatctgggca acaatgggtgc catctcgggt cactgcaacc tccgctccc
961 aggttcaagc gattctccgg cctcagcctc ccaagtagct gggaggacag gcacccgcca
1021 tgatgcccg ttaattttg tatttttagc agagatgggt ttcgccatg ttggccaggc
1081 tggctcgaac ctctgacct caggtgatcc gcctgccttg gcctcccaa gtgctgggat
1141 gacaggcgtg agccaccgag cccagccagg aatctatgca ttgccttg aatattagcc
1201 tccactgccc catcagcaaa aggcaaaaca ggtagcagc ctccgcccac cctgaagaa
1261 taattgtgaa aaaatgtgga attagcaaca tgttggcagg attttgctg aggttataag
1321 cacttcctt catctgggtc tgagctttt tgtattcggg ctaccattc gttggttctg
1381 tagttcatgt ttcaaaaatg cagcctcaga gactgcaagc cgctgagtc aatacaata
1441 gatttttaa gtgtattat tttaacaaa aaataaaatc acacataaga taaaacaaa
1501 cgaaactgac ttatacagt aaaataaacg atgcctgggc acagtggctc acgcctgtca
```

實際分析之後發現不然



全基因圖譜給我們的驚奇

- 我們分析了所有資料庫裡的全基因圖譜序列（約300條）之後發現，不論全基因序列有多長（幾十萬至幾億個「字母」），它們：
 1. 的字串出現機率分佈圖的寬窄不會隨序列的增長而變窄，卻維持大致不變
 2. 寬窄與約一千個字母的隨機序列一樣

(許多工作之後的) 幾個推論總結

- 基因圖譜的主要生長機制是
 1. 「**最高度隨機片段複製**」
 2. 小型隨機突變
 - 大部分的圖便是中性的（不好不壞）
 - 天擇對演化影響非常大，但是對的生長只有微調的影響
- 隨機片段複製的生長機制在基因圖譜很短時－不及500『字母』長－就已經開始
- 當時應該是生命最早期的『RNA世界』時代

基因圖譜是自然界的原始自我抄襲者

- 我們的生長模型與絕大部分基因圖譜的大尺度結構現像吻合
 - 所有物種的基因都可分類為十幾個「同源」（有相同的原始備份）家族
 - 基因圖譜各處都有片段複製的痕跡
 - 基因圖譜的大尺度重組現像
 - 基因圖譜的自相似性
 - 基因圖譜字串的位置分部的隨機性

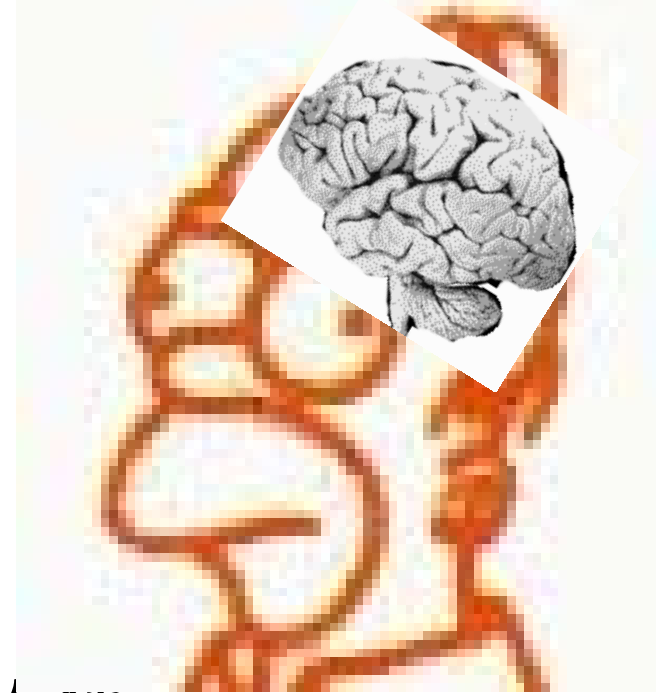
『基因圖譜為什麼長得這麼快？』 也許有部分解答

- 拷貝文件、程式是我們累積資訊最有效的方法
- 隨機片段複製是基因圖在無意識主導的情況下自動譜累積資訊最有效的方法
- 或許，今天我們能在這兒談天，是因為我們的共同祖先在30多億年前，像「瞎子造錶」一般，做了一些複製機（核糖酶），淘汰了那些沒有複製機的異類生命體，走上了以隨機片段複製快速生長和演化的路。

- 我們對宇宙和生命演化知道了不少，但是不知道的更多。
- 我們對宇宙和生命的起源點幾乎一無所知。很多人在努力儘量往起源點推進。
- 瞭解來源和歷史，可以幫助我們選擇如何向前邁進。

人類是很特別、幸運的物種

- 人類有特別發達的大腦
- 只有人類會想起源的問題
- 只有人類會用數學、邏輯
- 只有人類會體會文學、藝術
- 只有人類會想要瞭解自己
- 只有人類會欣賞自然界其他的物種
- 只有人類知道他們和其他物種共有同一祖先
- 讓我們善用自己的特別幸運
- 也讓我們珍惜我們與其他物種共享的宇宙



一起工作的年輕朋友 (2003)



謝謝大家！

歡迎到中央大學訪問

我的網頁

<http://sansan.ncu.edu.tw/~hcleee/>

或 Google “HC Lee”

時間的長短也是相對的

(秒)

10^{18} 140億年前宇宙誕生，40億年前生命開始

10^{15} 恐龍1.4億年前死亡

10^{11} 上次冰河期（1萬年前）

10^9 人類一世代

10^6 一個月

10^2 一分鐘

10^0 一秒

10^{-4} 人耳可聽到最高音的週期

10^{-8} FM波週期

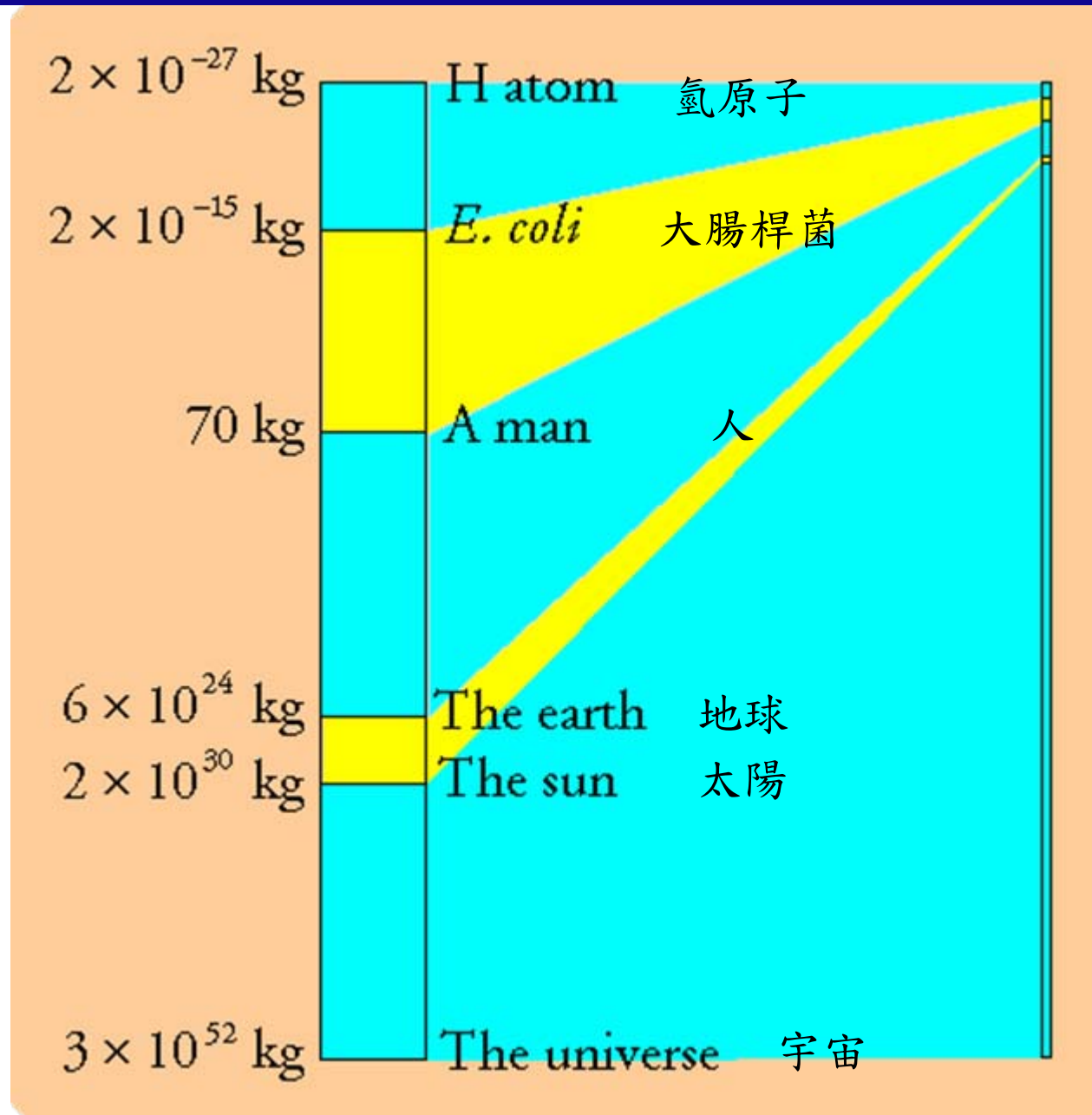
10^{-11} 可見光週期

10^{-15} 電子繞氫原子一週時間

10^{-20} γ -射線週期

10^{-24} 最短粒子壽命

物件的質量也有很大的差別



人類的 二十四 種染色體



在需要的時候，細胞裡有微機器把
特訂的基因解碼、製造成特訂的蛋白質

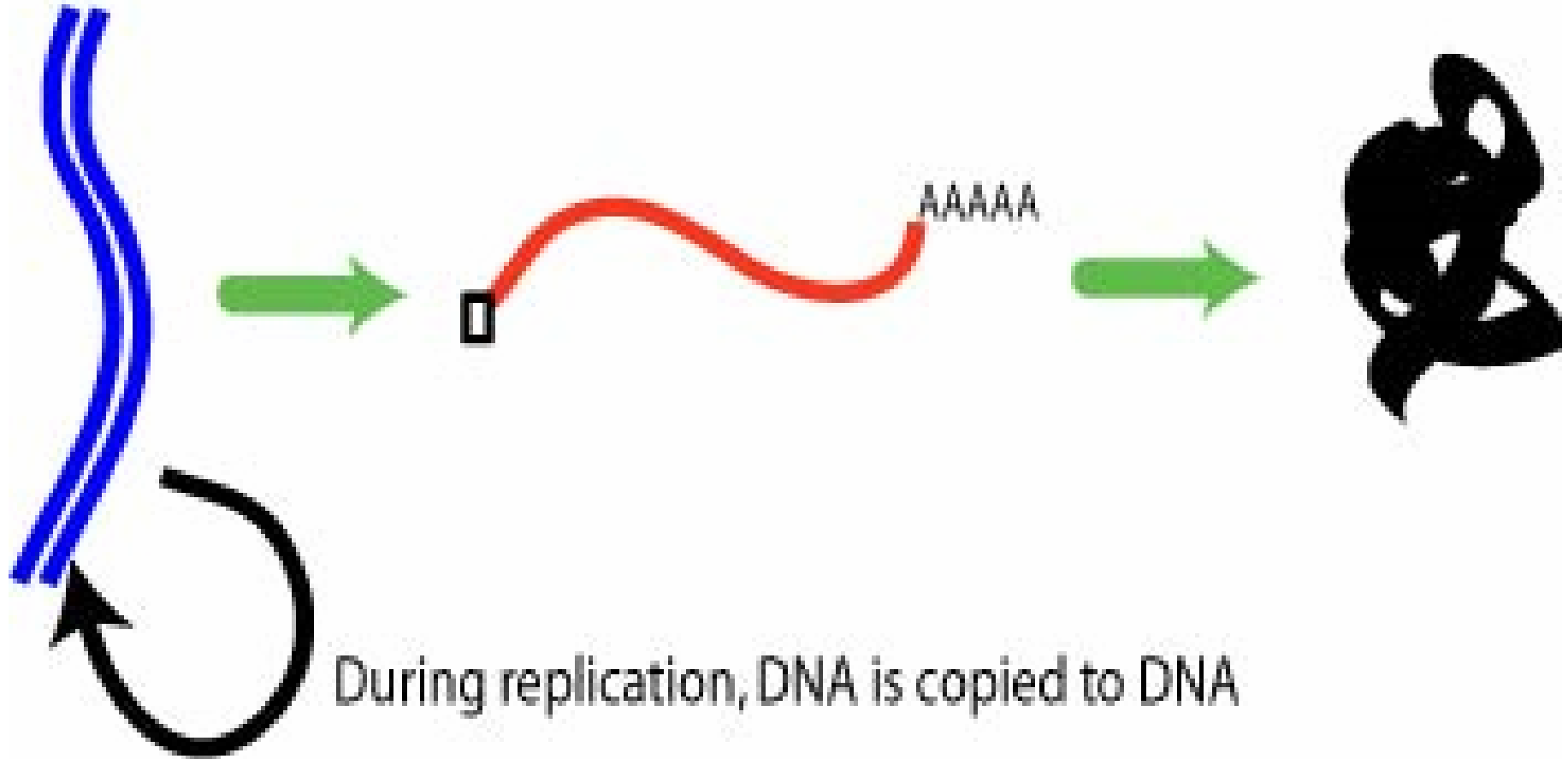
DNA

轉錄 至

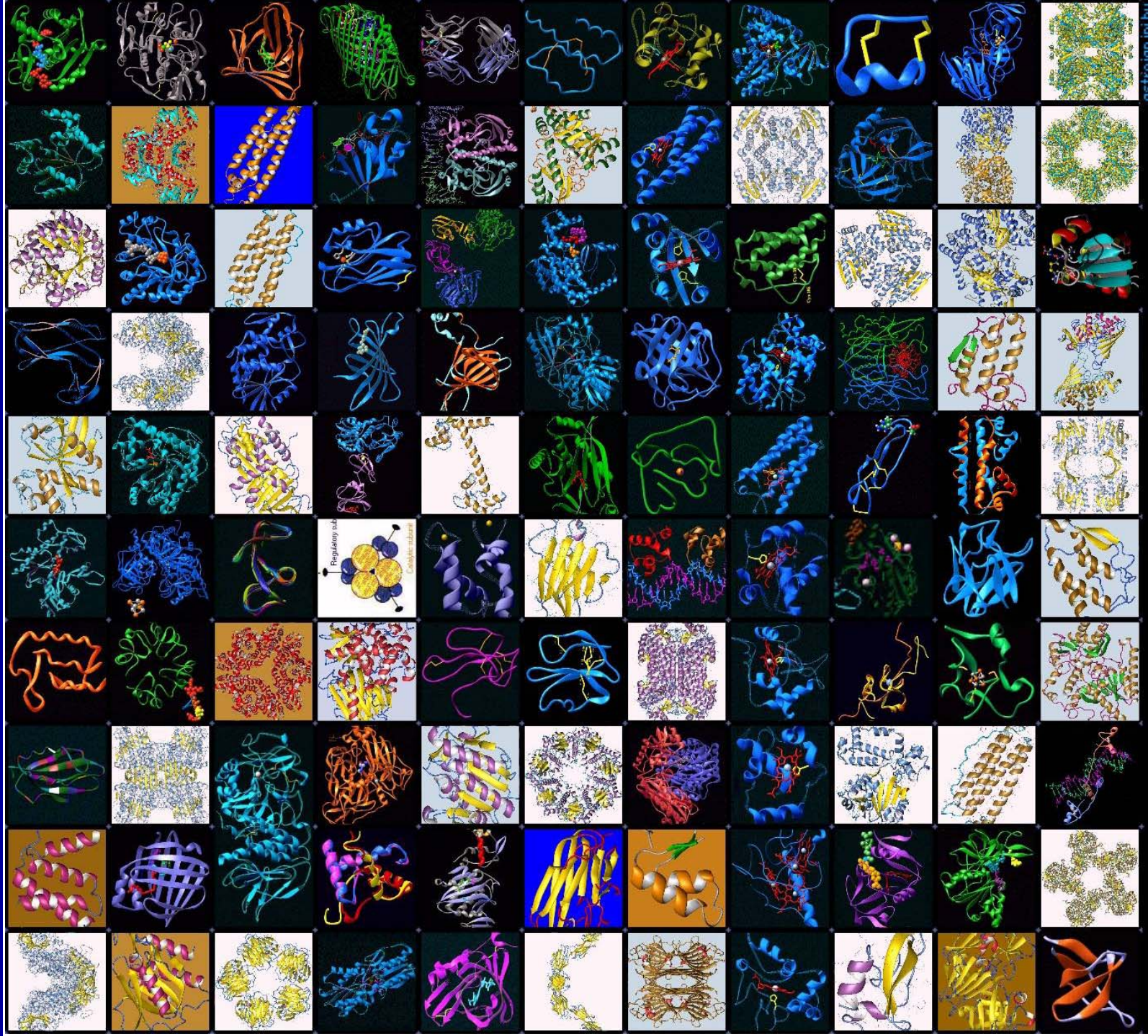
RNA

轉譯 至

PROTEIN
(蛋白質)



蛋白質是一個自然生成的有特定功能的自動微奈米機器，自然界有百萬種



人類第一染色體基因編碼解讀

Region Displayed: 0-245M bp

